

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



| | |
|-------------------|-----|
| REC'D 29 JAN 2004 | |
| WIPO | PCT |

BEST AVAILABLE COPY

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 52 041.0

Anmeldetag: 06. November 2002

Anmelder/Inhaber: Danfoss A/S,
Nordborg/DK

Bezeichnung: Magnetisch induktiver Durchflussmesser

IPC: G 01 F 1/58

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 27. Februar 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Summerv

Wassmaier

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

DR.-ING. ULRICH KNOBLAUCH (bis 2001)
DR.-ING. ANDREAS KNOBLAUCH
DR.-ING. DOROTHEA KNOBLAUCH
PATENTANWÄLTE

60002 FRANKFURT/MAIN
SCHLOSSERSTRASSE 23
TELEFON: (069) 9562030
TELEFAX: (069) 563002
e-mail: patents@knoblauch.f.uunet.de
UST-ID/VAT: DE 112012149

DA1413

6. Nov. 2002
AK/MH

Danfoss A/S
DK-6430 Nordborg

Magnetisch induktiver Durchflußmesser

Die Erfindung betrifft einen magnetisch induktiven Durchflußmesser mit einem Meßrohr, einer Elektrodenanordnung mit Elektroden, die auf einander gegenüberliegenden Seiten des Meßrohres quer zu einer Durchflußrichtung durch das Meßrohr angeordnet sind, und einer Spulenanordnung mit mindestens einer Sattelspule, deren Achse quer zur Durchflußrichtung und quer zur Elektrodenanordnung verläuft und die vier Schenkel aufweist, von denen zwei erste Schenkel parallel zur Durchflußrichtung und zwei zweite Schenkel in Umfangsrichtung des Meßrohres verlaufen.

Ein sich bewegendes elektrisch leitfähiges Fluid, das das Meßrohr durchströmt, erzeugt eine Spannung zwischen den Elektroden der Elektrodenanordnung, wenn die Spulenanordnung ein Magnetfeld erzeugt. Das Magnetfeld ist dabei senkrecht zur Durchströmungsrichtung gerichtet.

Die Spannung wird senkrecht zur Durchströmungsrichtung und senkrecht zum Magnetfeld abgenommen. Die Spannung an der Elektrodenanordnung ist dann u.a. abhängig von der Strömungsgeschwindigkeit, aus der wiederum auf die Durchflußmenge geschlossen werden kann.

Für die Meßgenauigkeit eines derartigen Durchflußmessers ist es von einer gewissen Bedeutung, daß sich das Magnetfeld über die gesamte Querschnittsfläche des Meßrohres erstreckt. Eine Möglichkeit, um dies zu erreichen, ist die Verwendung eines Jochs oder Polschuhs. Die Spule erzeugt dann ein Magnetfeld, das durch den Polschuh verteilt wird und sich dann weitgehend gleichmäßig über den Querschnitt des Meßrohres erstreckt.

Allerdings erfordern derartige Polschuhe einen gewissen Bauraum. In vielen Fällen verwendet man daher Sattelspulen, deren Form an die Form des Meßrohres angepaßt ist. In der Regel weist die Spulenanordnung dabei zwei Sattelspulen auf. Von oben gesehen bilden die Sattelspulen im weitesten Sinn ein Viereck, von dem zwei Schenkel parallel zur Durchflußrichtung verlaufen. Die beiden anderen Schenkel folgen der Wölbung des Meßrohres. Diese Schenkel können auch einen Bogen oder einen Winkel in axialer Richtung aufweisen, so daß die Sattelspule in der Draufsicht einem Sechseck ähnelt, also wie ein Diamant aussieht. Auch mit derartigen Sattelspulen lassen sich weitgehend zufriedenstellende Ergebnisse erreichen.

Probleme treten allerdings dann auf, wenn der Durchmesser des Meßrohres verkleinert werden soll. Insbesondere ab Durchmessern von beispielsweise unter 50 mm ergeben

sich in erhöhtem Maße Meßfehler. Man führt dies darauf zurück, daß man die Sattelspulen nicht weit genug in Umfangsrichtung um das Meßrohr herum erstrecken kann. Die Elektroden der Elektrodenanordnung benötigen nämlich einen gewissen Bauraum. In der Regel weisen sie auch noch ein kleines Anschlußgehäuse auf. Die achsparallelen ersten Schenkel der Sattelspulen müssen diesen Bauraum freilassen. Dies hat zur Folge, daß sich das Magnetfeld nicht weit genug bis zu den Elektroden hin erstreckt. Dies führt, wie oben ausgeführt, zu Meßungenauigkeiten oder -fehlern.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Meßgenauigkeit bei einem Meßrohr mit kleinerem Durchmesser zu verbessern.

Diese Aufgabe wird bei einem magnetisch induktiven Durchflußmesser der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß zwischen jedem ersten Schenkel und dem Meßrohr jeweils ein magnetisch leitendes Element angeordnet ist, das einen ersten Teil des magnetischen Flusses aufnimmt, wobei ein zweiter Teil des magnetischen Flusses aus einem von der Sattelspule umgebenen Bereich am Element vorbei tritt.

Mit dem magnetisch leitenden Element wird die Richtung des Magnetfeldes geändert und zwar in Richtung der Elektrode. Das Magnetfeld füllt dann den Querschnitt des Meßrohres besser aus. Das Meßsignal, das an der Elektrodenanordnung abgenommen werden kann, steigt dann, wie gewünscht, an. Allerdings erreicht man diese Verbesserung des Meßergebnisses dadurch, daß man nur einen Teil des magnetischen Flusses ablenkt. Der größte

Teil des magnetischen Flusses in dem Bereich, der von der Sattelspule umgeben ist, bleibt nach wie vor ungestört, d.h. er kann sich ohne Beeinflussung durch einen Polschuh oder ein anderes flußverteilendes Element im Querschnitt des Meßrohres ausbreiten. Vorteilhaft ist dabei vor allem, daß sich unerwünschte Streuungen, die sich am Rand eines Polschuhs ergeben können, praktisch nicht ausbilden. Hinzu kommt, daß die Bauhöhe der Sattelspule durch das Hinzufügen des magnetisch leitfähigen Elements praktisch nicht nennenswert vergrößert wird. Das magnetisch leitende Element kann als relativ dünner Streifen ausgebildet sein, der in einen Spalt hineinpaßt, der zwischen der Sattelspule und dem Meßrohr in der Regel ohnehin vorhanden ist. Es ist vorzugsweise in dem Bereich in Axialrichtung des Meßrohres angeordnet, in dem auch die Elektroden angeordnet sind.

Vorzugsweise geht das Element von einem Bereich am Innenrand des ersten Schenkels aus und endet zwischen dem ersten Schenkel und dem Meßrohr. Der Bereich, der von der Sattelspule umschlossen wird, d.h. das sich parallel zur Achse der Sattelspule erstreckende Magnetfeld, wird durch das Element praktisch nicht gestört. Das Element ist aber in der Lage, einen Teil des Magnetflusses so umzuleiten, daß sich das Magnetfeld in die Nähe der Elektroden der Elektrodenanordnung erstreckt. Man erreicht also nennenswerte Vorteile, ohne größere Nachteile in Kauf nehmen zu müssen.

Bevorzugterweise weist das Element einen abgewinkelten Abschnitt auf, der von innen am ersten Schenkel anliegt. Innen ist dabei die Seite, die dem anderen ersten Schenkel gegenüberliegt. Innen befindet sich also

im Inneren eines Umlaufs, den die Windungen der Sattelspule ausführen. Mit dem Abschnitt wird eine automatische Positionierung des Elements relativ einfach. Das Element wird einfach "bis zum Anschlag" in den Raum zwischen dem Meßrohr und der Spule, genauer gesagt dem ersten Schenkel der Spule, eingeschoben. Danach ist das Element lagerichtig angeordnet.

Hierbei kann der Abschnitt am Schenkel oder am Meßrohr befestigt sein. Die Befestigung kann beispielsweise durch Kleben erfolgen, insbesondere durch ein doppeltklebendes Klebeband. Der Abschnitt dient dann also zur Positionierung des Elements in mehrere Richtungen. Einmal wird eine Verlagerung des Elements in Umfangsrichtung vermieden. Auch eine Verlagerung des Elements in axialer Richtung wird durch eine Klebe-Befestigung zuverlässig unterbunden.

Bevorzugterweise ist das Element U-förmig mit zwei Armen ausgebildet und auf den ersten Schenkel von innen aufgesteckt. Das Element ist also als "Clip" ausgebildet. Ein Arm des Clips hat dabei die eigentliche magnetisch leitende Funktion, die die Richtung des Feldes ändert. Die Basis des U und der dem erstgenannten Arm gegenüberliegende Arm dienen dann im Prinzip nur zum Festhalten des Elements am ersten Schenkel der Sattelspule.

Hierbei ist besonders bevorzugt, daß die Arme aufeinander zu vorgespannt sind. Der Clip hat dann eine Federwirkung. Durch die Federwirkung der Arme wird der Clip besonders gut am ersten Schenkel der Sattelspule festgehalten.

Bevorzugterweise ist der Arm zwischen dem ersten Schenkel und dem Meßrohr quer zur Durchflußrichtung länger als der andere Arm. Wie oben ausgeführt, dient der andere Arm hauptsächlich dazu, das Element am ersten

- 5 Schenkel der Sattelspule festzuhalten. Dies läßt sich auch durch eine geometrisch kleinere Ausbildung zuverlässig erreichen. Durch diese Ausbildung wird also Material gespart.
- 10 Vorzugsweise erstreckt sich das Element über die Länge des ersten Schenkels in Durchflußrichtung. Damit wird über die gesamte axiale Länge der Sattelspule die gewünschte Umleitung des magnetischen Feldes in Richtung auf den Teil der Wand des Meßrohres bewirkt, in der die
- 15 Elektrode angeordnet ist.

- Vorzugsweise weist das Element in Durchflußrichtung zwischen seinen Enden eine Ausnehmung auf. Es hat sich herausgestellt, daß auch mit einer derartigen Ausnehmung ein zufriedenstellendes Meßergebnis erreicht wird.
- 20 Das Magnetfeld sieht dann etwas anders aus. Es wird in Axialrichtung, d.h. in Durchflußrichtung, gespreizt. Dies spielt aber keine größere Rolle, da es hauptsächlich darauf ankommt, daß das Magnetfeld im Bereich der
- 25 Elektrodenanordnung die gewünschte Verteilung hat.

- Bevorzugterweise weist das Element eine wellenförmige Oberfläche auf. Es kann auch selbst gewellt sein. Mit der wellenförmigen Oberfläche ist es möglich, das Element zwischen dem ersten Schenkel der Sattelspule und dem Meßrohr zu befestigen.
- 30

Vorzugsweise ist das Element durch weichmagnetisches Eisen gebildet. Weichmagnetisches Eisen hat hervorragende Eigenschaften beim Leiten von Magnetfeldern.

- 5 Alternativ dazu kann das Element durch einen magnetisch leitenden Kunststoff gebildet sein. Dies läßt sich beispielsweise dadurch realisieren, daß man einen Streifen aus einem magnetisch leitenden Kleber bildet. Hierzu wird Magnetpulver oder Eisenpulver mit Kleber gemischt
10 und dieser Kleber wird positionsgenau zwischen dem ersten Schenkel der Sattelspule und dem Meßrohr angeordnet.

- Vorzugsweise ist das Element zusammen mit dem Meßrohr
15 vergossen. Mit diesem Gießvorgang kann das Element in das Meßrohr eingebettet werden. Danach wird die Sattelspule auf dem Meßrohr angebracht, z.B. festgeklebt, und die so gebildete Kombination in ein äußeres Rohr eingeschoben. Danach erfolgt ein zweites Vergießen. Wenn die
20 erwähnten Teile in die Gußmasse eingebettet sind und die Gußmasse ausgehärtet ist, dann sind alle Teile richtig zueinander positioniert und es besteht keine Gefahr, daß diese Positionierung durch äußere Einflüsse verändert wird.

- 25 Bevorzugterweise hat das Element eine Erstreckung quer zur Durchflußrichtung, bei der ein Meßfehler einen Minimalwert aufweist. Das Element hat, wie oben erwähnt, die Aufgabe, das Magnetfeld, das die Sattelspule erzeugt, näher an die Elektrode heranzuführen. Hierbei
30 gibt es einen Punkt mit maximaler magnetischer Flußdichte. Dieser Punkt ist mit der Länge des Elements quer zur Durchflußrichtung, genauer gesagt in Umfangs-

richtung des Meßrohres oder in Tangentialrichtung des Meßrohres, verlagerbar. Je länger das Element ist, desto näher kommt der Punkt an die Elektrode, und bei einer korrekten Länge ist der Meßfehler fast aufgehoben.

- 5 Die Länge des Elements bestimmt die Linearität des Meßresultats und die "beste" Länge ist somit die Länge, die den kleinsten Linearitätsfehler zur Folge hat. Wird die Länge hingegen wieder zu groß gewählt, dann ergeben sich andere Fehler. Nur ein kleiner Teil des magnetischen Flusses der ganzen Sattelspule läuft durch das Element, aber dieser kleine Teil wird von dem Element örtlich konzentriert.
- 10

- Die Erfindung wird im folgenden anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung näher beschrieben. Hierin zeigen:
- 15

- Fig. 1 eine schematische Darstellung zur Erläuterung des Funktionsprinzips eines magnetisch induktiven Durchflußmessers,
- 20

- Fig. 2 einen Durchflußmesser schematisch im Teilschnitt,

- 25 Fig. 3 eine Teilansicht aus Fig. 2,

- Fig. 4 eine geänderte Ausführungsform in entsprechender Ansicht nach Fig. 3,

- 30 Fig. 5 eine dritte Ausführungsform eines magnetisch leitenden Elements,

Fig. 6 eine schematische Darstellung zur Erläuterung des Fehlerverhaltens und

Fig. 7 verschiedene Feldverläufe.

5

Fig. 1 zeigt einen magnetisch induktiven Durchflußmesser 1 mit einem Meßrohr 2, das von einem Fluid, also einem Gas oder einer Flüssigkeit, in Axialrichtung, d.h. in einer Durchflußrichtung 3, durchflossen werden
10 kann. Auf dem Meßrohr 2 sind zwei einander gegenüberliegende Sattelspulen 4 angeordnet, die so mit Strom beaufschlagt werden, daß sie ein Magnetfeld 5 erzeugen, das durch einen Pfeil symbolisiert ist. Das Magnetfeld 5 verläuft im wesentlichen senkrecht zur Durchflußrichtung 3. Das Magnetfeld 5 ist natürlich nicht auf einer
15 Linie konzentriert, sondern erstreckt sich im Idealfall über den gesamten Querschnitt des Meßrohres 2.

Eine Elektrodenanordnung, von der eine Elektrode 6 im
20 Meßrohr 2 dargestellt ist, ist so angeordnet, daß eine Spannung 7, die durch einen Pfeil symbolisiert ist, im wesentlichen senkrecht zum Magnetfeld 5 und im wesentlichen senkrecht zur Durchflußrichtung 3 abgenommen werden kann, wenn sich das Fluid bewegt. Die Größe der
25 Spannung 7 ist ein Maß für die Durchflußgeschwindigkeit und damit ein Maß für den Durchfluß des Fluids durch das Meßrohr 2.

Die Sattelspulen 4 sind in der Draufsicht (also in einer Ansicht aus einer Richtung parallel zum Magnetfeld 5) im wesentlichen rechteckförmig ausgebildet. Hierbei
30 gibt es zwei erste Schenkel 8, die parallel zur Durchflußrichtung 3 verlaufen, und zwei zweite Schenkel 9,

die an die Krümmung des Meßrohrs 2 angepaßt sind. Dadurch ist es möglich, die Sattelspulen 4 relativ dicht an das Meßrohr 2 anzunähern und trotzdem ein Magnetfeld zu erzeugen. Ein Polschuh oder ein Joch ist hierzu jedoch nicht erforderlich. Die ersten und die zweiten Schenkel können geradlinig verlaufen oder mehrere geradlinig verlaufende Abschnitte aufweisen, die gegenseitig Winkel einschließen.

Fig. 2 zeigt nun wesentliche Teile des Durchflußmessers 1 in einer vergrößerten Ausschnittsdarstellung. Die Darstellung der Fig. 2 zeigt einen Schnitt in der Ebene, in der die Elektroden 6 angeordnet sind.

Die Elektroden 6 sind von einem schematisch dargestellten Anschlußgehäuse 10 umgeben. Dieses Anschlußgehäuse 10 verhindert, daß sich die ersten Schenkel 8 der Sattelspulen 4 der Elektrode 6 nähern können, d.h. es verbleibt ein deutlicher Abstand zwischen den ersten Schenkeln 8 der Sattelspule 4 und der Elektrode 6. Dies hat zur Folge, daß sich ein Magnetfeld ausbildet, das sich zur Elektrode 6 hin stark abschwächt. Um dies zu verdeutlichen, ist eine Feldlinie 11 dieses Magnetfelds gestrichelt eingezeichnet. Diese Feldlinie 11 hat einen relativ großen Abstand zur Elektrode 6.

Um dieses Problem zu beseitigen, ist ein magnetisch leitendes Element 12 in einen Spalt 13 zwischen dem ersten Schenkel 8 der Sattelspule 4 und dem Meßrohr 2 eingefügt worden. Dieses Element 12 hat eine Länge L in Umfangsrichtung oder quer zur Durchflußrichtung 3, d.h. es geht vom Innenrand 14 des ersten Schenkels 8 aus und erstreckt sich über die Länge L unter dem ersten Schen-

kel 8 hindurch und endet zwischen dem ersten Schenkel 8 und dem Meßrohr.

Das magnetisch leitfähige Element 12 verändert nun das
5 Magnetfeld so, daß es näher an die Elektrode 6 heran-
rückt. Hierzu ist eine Feldlinie 15 dargestellt, an der
das Magnetfeld die gleiche Feldstärke hat wie ohne das
Element 12 an der zuvor diskutierten Feldlinie 11. Ein
Schnittpunkt P der Feldlinie 15 mit dem Meßrohr 2 wird
10 weiter in Richtung auf die Elektrode 6 verschoben. Das
Meßsignal steigt dann, wie erwünscht, an. Durch eine
geeignete Länge L, d.h. die Erstreckung des Elements in
Umfangs- oder Tangentialrichtung des Meßrohres 2, läßt
sich ein Punkt P mit maximalem magnetischen Fluß fin-
15 den. Dieser Punkt ist mit der Länge L des Elements 12
bewegbar. Je länger die Länge L ist, desto näher kommt
der Punkt P an die Elektrode 6.

Nur ein kleiner Teil des magnetischen Flusses einer
20 ganzen Sattelspule 4 läuft durch das Element 12, aber
dieser Teil des magnetischen Flusses wird von dem Ele-
ment örtlich konzentriert. Im Gegensatz hierzu wird im
Stand der Technik bei Verwendung eines Polschuhs oder
Jochs der gesamte Fluß durch den Polschuh geleitet.

25

Das Meßrohr 2 ist aus einem magnetisch nicht leitenden
Material, beispielsweise einem Kunststoff, gebildet.
Das Magnetfeld schließt sich durch ein äußeres Rohr 16,
das das Meßrohr 2 und die Sattelspulen 4 sowie das An-
30 schlußgehäuse 10 der Elektroden 6 umgibt. Dieses Rohr
16 ist aus Gründen der Übersichtlichkeit in Fig. 1
nicht dargestellt. Es ist aus einem magnetisch leiten-
den Material gebildet, beispielsweise aus Weicheisen.

In den Fig. 3 bis 5 sind nun verschiedene Möglichkeiten gezeigt, wie das Element 12 ausgebildet sein kann. Gleiche und einander entsprechende Teile wie in Fig. 2 sind mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Das äußere Rohr 16 ist weggelassen.

In Fig. 3 hat das Element 12 einen abgewinkelten Abschnitt 17 mit einer Breite D. Dieser Abschnitt 17 hat praktisch keine magnetische Funktion. Er dient lediglich dazu, daß das Element 12 am ersten Schenkel 8 festgelegt werden kann und zwar an seiner Innenseite 14. Die Innenseite 14 ist, wie aus Fig. 1 zu erkennen ist, die Seite des ersten Schenkels 8, die von der Sattelspule 4 umgeben ist, also dem anderen ersten Schenkel 8, der in Fig. 1 nicht zu erkennen ist, gegenüberliegt.

Man kann den Abschnitt 17 einfach an dem ersten Schenkel 8 der Sattelspule zur Anlage bringen. Man kann aber auch einen Kleber 18 vorsehen, der zwischen dem Abschnitt 17 und dem ersten Schenkel 8 angebracht wird und den ersten Abschnitt 17 am ersten Schenkel 8 festklebt. Der Kleber 18 kann beispielsweise in der Form eines doppeltklebenden Klebestreifens ausgebildet sein. Alternativ kann der Kleber zwischen dem Meßrohr 2 und dem Element 12 bzw. zwischen dem Element 12 und dem Schenkel 8 angebracht werden.

In Durchflußrichtung erstreckt sich das Element 12 vorzugsweise über die gesamte axiale Länge des ersten Schenkels 8, d.h. über die Länge zwischen den beiden zweiten Schenkeln 9.

- Fig. 4 zeigt eine Ausführungsform, bei der das Element 12 als Clip ausgebildet ist. Es ist zu diesem Zweck U-förmig ausgebildet mit dem Abschnitt 17 als Basis und zwei Armen 19, 20, wobei der dem Meßrohr 2 benachbarte Arm 20 länger ist als der Arm 19 auf der gegenüberliegenden Seite des ersten Schenkels 8. Der Arm 19 hat ebenfalls praktisch keine magnetische Funktion. Er dient lediglich dazu, das Element 12 durch Klemmwirkung auf dem ersten Schenkel 8 der Sattelspule 4 festzuhalten. Hierzu ist das Element 12 vorgespannt, d.h. der Arm 19 schließt mit dem Abschnitt 17 einen Winkel α ein, der etwas kleiner ist als der Winkel an der entsprechenden Kante des ersten Schenkels 8. In gleicher Weise schließt der Arm 20 mit dem Abschnitt 17 einen Winkel α' ein, der ebenfalls etwas kleiner ist, als dies durch die Geometrie des Schenkels 8 vorgegeben ist. Dadurch wird eine Eigenspannung erzeugt, die das Element 12 sicher auf dem ersten Schenkel 8 hält.
- Das Element 12 wird also als Clip mit einer kleinen Kraft auf den ersten Schenkel 8 aufgeschoben. Man kann später den Raum zwischen dem äußeren Rohr 16 und dem Meßrohr 2 mit einer Gußmasse ausfüllen, so daß die Sattelspulen 4, die Elemente 12 und die Leitungen sowie das Anschlußgehäuse 10 und die Elektrode 6 mechanisch befestigt sind.

Das Element 12 muß nicht in mechanischem Kontakt mit der Sattelspule 4 stehen. Es genügt, wenn er zwischen der Sattelspule 4 und dem Meßrohr 2 angebracht ist.

Selbstverständlich sind derartige Elemente 12 zwischen allen vier ersten Schenkeln 8 der beiden Sattelspulen 4 und dem Meßrohr 2 angeordnet.

- 5 Eine nicht näher dargestellte Variante besteht darin, daß das Element aus einem Streifen aus magnetisch leitendem Kleber oder Kunststoff gebildet ist. Hierzu wird beispielsweise Magnetpulver oder Weicheisenpulver mit einem Klebstoff gemischt und dieser Klebstoff wird positionsgenau zwischen dem ersten Schenkel 8 und dem Meßrohr 2 angebracht.

Vorzugsweise ist jedoch das Element 12 aus weichmagnetischem Eisen. Weichmagnetisches Eisen leitet ein Magnetfeld, wie dies an sich bekannt ist.

Fig. 5 zeigt eine weitere Ausgestaltung, bei der ein Element 12, das ansonsten im wesentlichen dem der Fig. 4 entspricht, eine Ausnehmung 21 zwischen seinen in Durchflußrichtung 3 liegenden Enden 22, 23 aufweist. Dadurch entstehen magnetisch leitende Streifen 24, 25, die das Magnetfeld zu einem Verteilerstreifen 26 führen. Mit dieser Ausgestaltung wird ein Magnetfeld erzeugt, das etwas um den Punkt P gespreizt ist.

25

In nicht näher dargestellter Weise kann auch vorgesehen sein, daß die Oberfläche des Elements 12 gewellt ist oder das Element 12 selbst gewellt ist. Die Struktur könnte beispielsweise sinusförmig sein.

30

Fig. 6 zeigt schematisch die Auswirkungen des Elements 12. Eine Kurve 27 stellt einen relativen Fehler X über den Durchfluß F dar. Es ist zu erkennen, daß bei klei-

nen Durchflußraten der Meßfehler stark ansteigt. Mit anderen Worten entsteht aufgrund eines zu geringen Magnetfelds im Bereich der Elektroden 6 ein geringes Meßsignal und ein erhöhtes Signal/Rausch-Verhältnis.

5

Eine Kurve 28 stellt den Fehlerverlauf für ein Element 12 mit optimaler Länge L dar. Es ist zu erkennen, daß der Fehler auch bei kleinen Durchflußraten relativ klein bleibt.

10

Eine Kurve 29 stellt die Situation dar, bei der zwar ein Element 12 verwendet wird, die Länge L dieses Elements aber zu groß ist. Der Fehler bleibt zwar kleiner als ohne Element 12. Wenn die Länge L zu groß ist, ist das Meßergebnis aber nicht optimal.

15

In Fig. 7 sind die Auswirkungen des Elements 12 erkennbar. Die drei Teilfiguren zeigen die magnetischen Feldlinien, also die Linien gleichen magnetischen Flusses, für unterschiedliche Ausgestaltungen. In Fig. 7a ist das magnetische Feld dargestellt, wenn kein Element 12 vorhanden ist. Es ist erkennbar, daß die Feldliniendichte auf der Innenseite des Meßrohres 2 an der Unterkante der Fig. 7a nicht allzu groß ist, jedenfalls kleiner als im Innern des Meßrohrs (bezogen auf die Darstellung der Fig. 7a: weiter nach rechts).

20

25

30

Fig. 7b zeigt ein entsprechendes Feldlinienbild mit einem Element 12. Es ist zu erkennen, daß die Feldliniendichte in dem Bereich auf der Innenseite des Meßrohres 2 stark zugenommen hat.

Noch deutlicher wird die Situation, wenn ein Element 12 mit einem Abschnitt 17 verwendet wird. Die Feldliniendichte ist nun in dem Bereich an der Innenseite des Meßrohres 2 unterhalb des ersten Schenkels 8 größer geworden. Dies ist in Fig. 7c dargestellt.

Patentansprüche

1. Magnetisch induktiver Durchflußmesser mit einem Meßrohr, einer Elektrodenanordnung mit Elektroden, die auf einander gegenüberliegenden Seiten des Meßrohres quer zu einer Durchflußrichtung durch das Meßrohr angeordnet sind, und einer Spulenanordnung mit mindestens einer Sattelspule, deren Achse quer zur Durchflußrichtung und quer zur Elektrodenanordnung verläuft und die vier Schenkel aufweist, von denen zwei erste Schenkel parallel zur Durchflußrichtung und zwei zweite Schenkel in Umfangsrichtung des Meßrohres verlaufen, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen jedem ersten Schenkel (8) und dem Meßrohr (2) jeweils ein magnetisch leitendes Element (12) angeordnet ist, das einen ersten Teil des magnetischen Flusses aufnimmt, wobei ein zweiter Teil des magnetischen Flusses aus einem von der Sattelspule (4) umgebenen Bereich am Element (12) vorbei tritt.

2. Durchflußmesser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Element (12) von einem Bereich am Innenrand (14) des ersten Schenkels (8) ausgeht und zwischen dem ersten Schenkel (8) und dem Meßrohr (2) endet.
3. Durchflußmesser nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Element (12) einen abgewinkelten Abschnitt (17) aufweist, der von innen am ersten Schenkel (8) anliegt.
4. Durchflußmesser nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Abschnitt (17) am Schenkel (8) oder am Meßrohr (2) befestigt sein kann.
5. Durchflußmesser nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Element (12) U-förmig mit zwei Armen (19, 20) ausgebildet und auf den ersten Schenkel (8) von innen aufgesteckt ist.
6. Durchflußmesser nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Arme (19, 20) aufeinander zu vorgespannt sind.
7. Durchflußmesser nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Arm (20) zwischen dem ersten Schenkel (8) und dem Meßrohr (2) quer zur Durchflußrichtung (3) länger als der andere Arm (19) ist.
8. Durchflußmesser nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß sich das Element (12) über die Länge des ersten Schenkels (8) in Durchflußrichtung (3) erstreckt.

9. Durchflußmesser nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, daß das Element (12) in
Durchflußrichtung (3) zwischen seinen Enden (22,
23) eine Ausnehmung (21) aufweist.
- 5
10. Durchflußmesser nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, daß das Element (12) eine
wellenförmige Oberfläche aufweist.
- 10 11. Durchflußmesser nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, daß das Element (12) durch
weichmagnetisches Eisen gebildet ist.
- 15 12. Durchflußmesser nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, daß das Element (12) durch
einen magnetisch leitenden Kunststoff gebildet
ist.
- 20 13. Durchflußmesser nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, daß das Element (12) zu-
sammen mit dem Meßrohr (2) vergossen ist.
- 25 14. Durchflußmesser nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, daß das Element (12) eine
Erstreckung quer zur Durchflußrichtung (3) hat,
bei der ein Meßfehler einen Minimalwert aufweist.

Fig.3

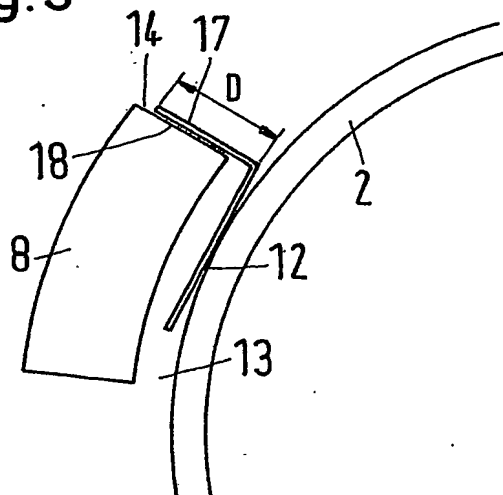


Fig.4

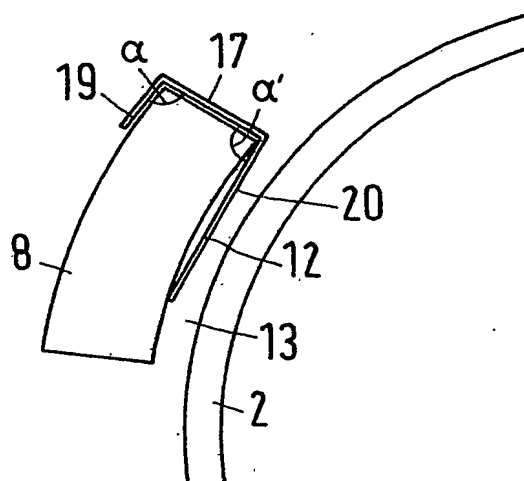


Fig.5

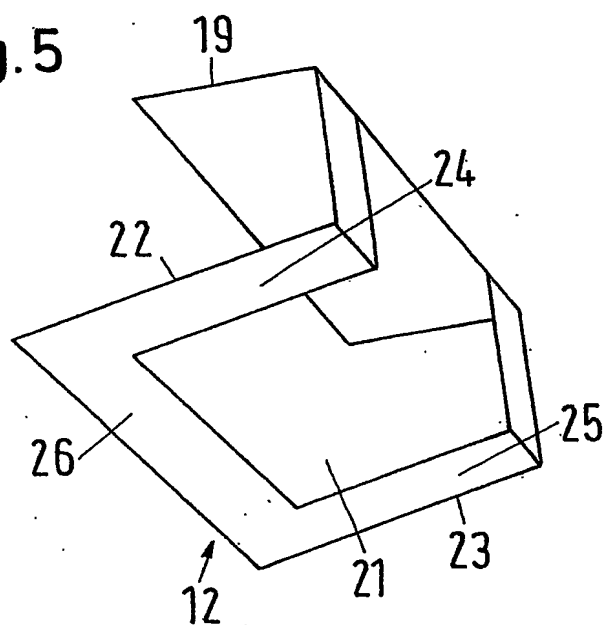
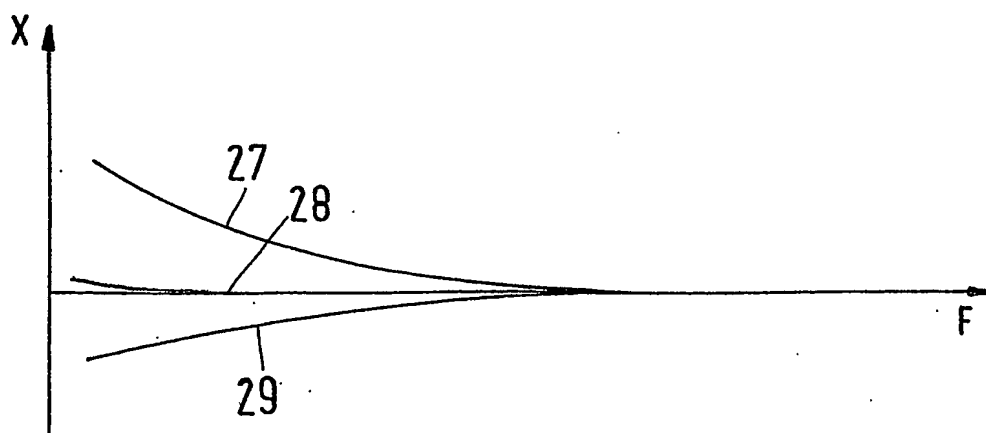


Fig.6



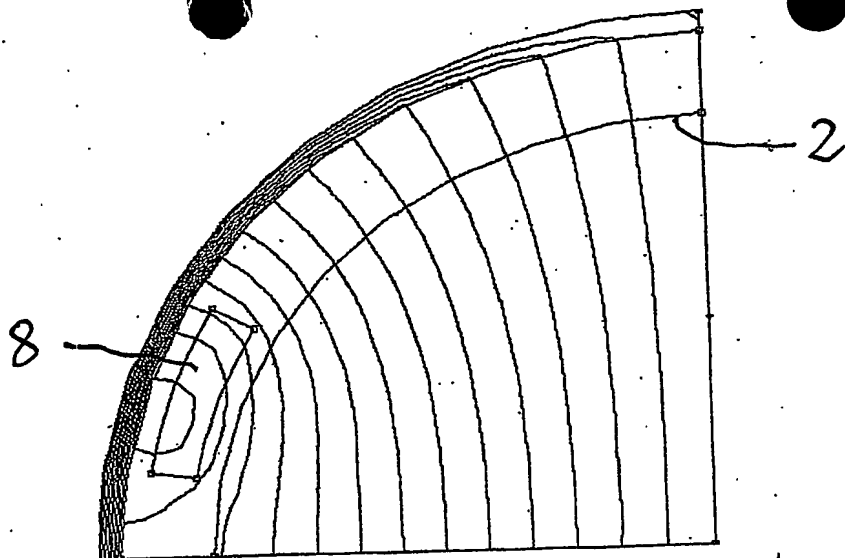


Fig. 7a

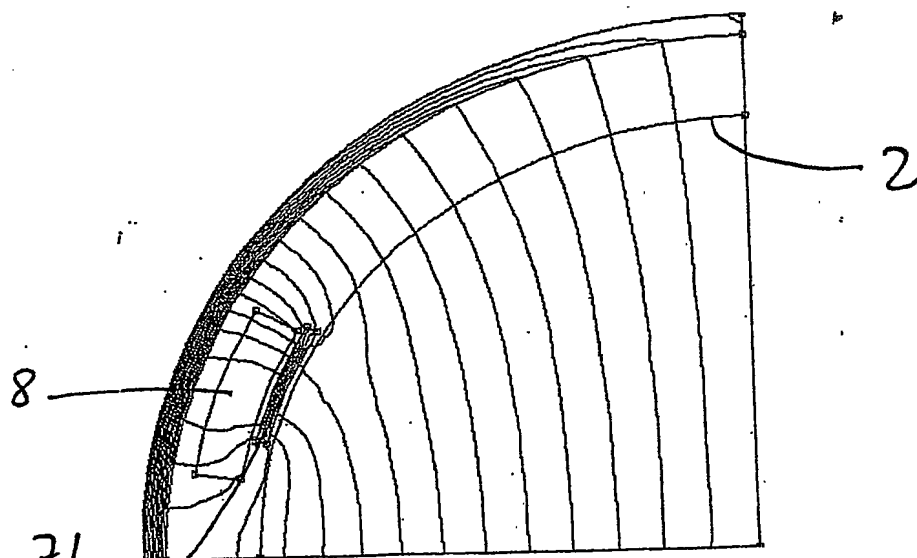


Fig. 7b

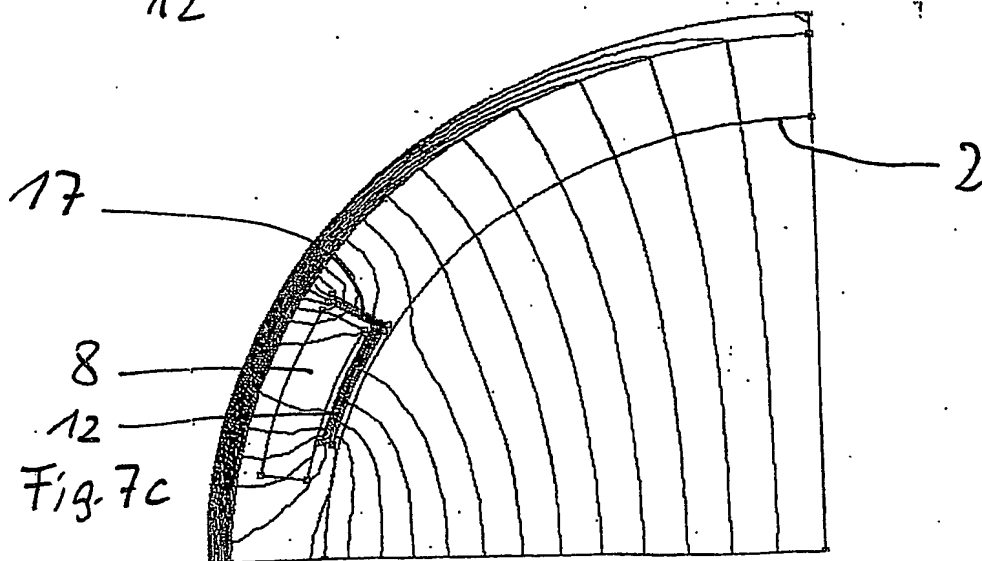


Fig. 7c

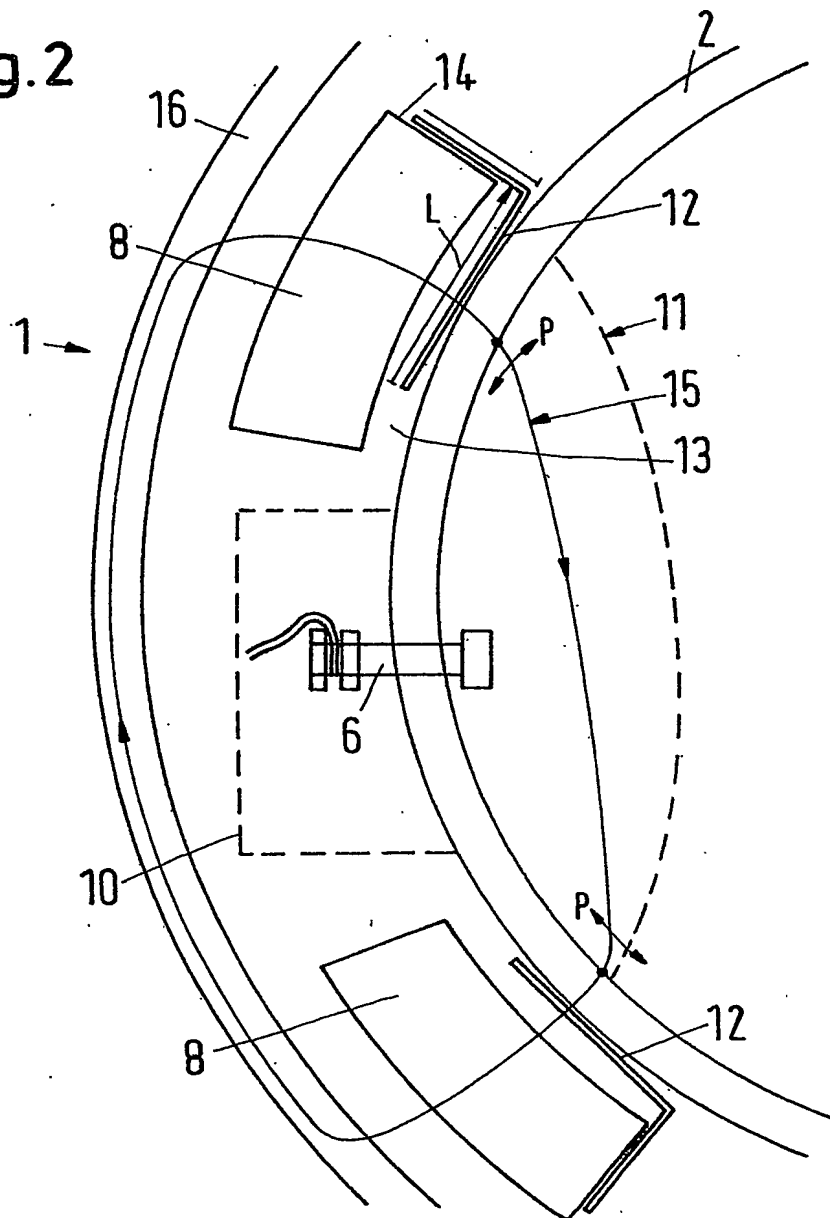
Zusammenfassung

Es wird ein magnetisch induktiver Durchflußmesser (1) angegeben mit einem Meßrohr (2), einer Elektrodenanordnung mit Elektroden (6), die auf einander gegenüberliegenden Seiten des Meßrohres (2) quer zu einer Durchflußrichtung durch das Meßrohr (2) angeordnet sind, und einer Spulenordnung mit mindestens einer Sattelspule, deren Achse quer zur Durchflußrichtung und quer zur Elektrodenanordnung verläuft und die vier Schenkel aufweist, von denen zwei erste Schenkel (8) parallel zur Durchflußrichtung und zwei zweite Schenkel in Umfangsrichtung des Meßrohres (2) verlaufen.

Man möchte die Meßgenauigkeit bei einem Meßrohr mit kleinerem Durchmesser verbessern.

Hierzu ist zwischen jedem ersten Schenkel (8) und dem Meßrohr (2) jeweils ein magnetisch leitendes Element (12) angeordnet, das einen ersten Teil des magnetischen Flusses aufnimmt, wobei ein zweiter Teil des magnetischen Flusses aus einem von der Sattelspule umgebenen Bereich am Element (12) vorbei tritt.

Fig.2



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.